

Simulátor kabiny s integrovaným hardwarem a softwarem pro predikci komfortu posádky

(RTCS – Real-time Comfort Simulator)

Apollo ID: 142511

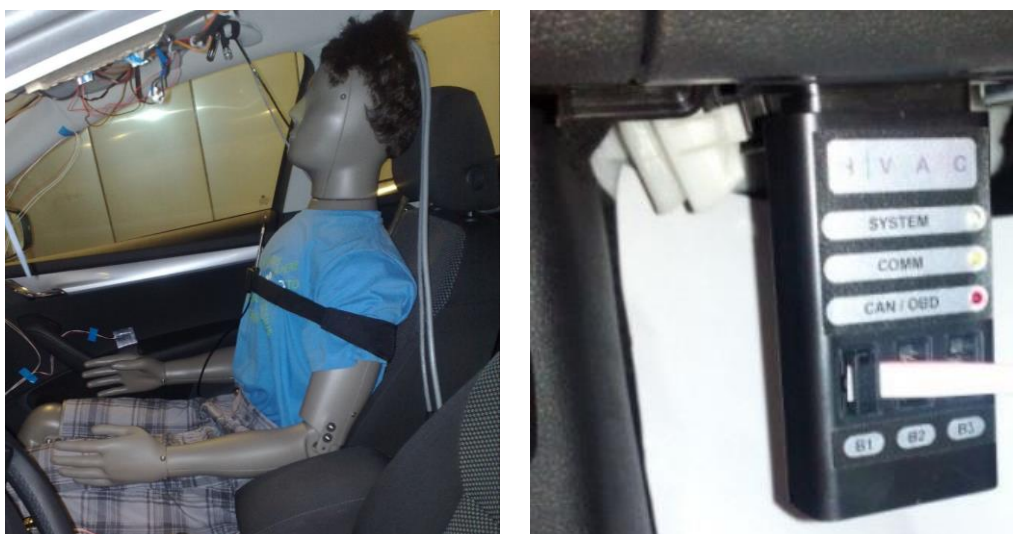
Datum: 12.12.2017

Typ projektu: R–software

Autoři: POKORNÝ, J.; FIŠER, J.; KOPEČKOVÁ, B.; FOJTLÍN, M.; TOMA, R.; JÍCHA, M.

Popis a využití programu

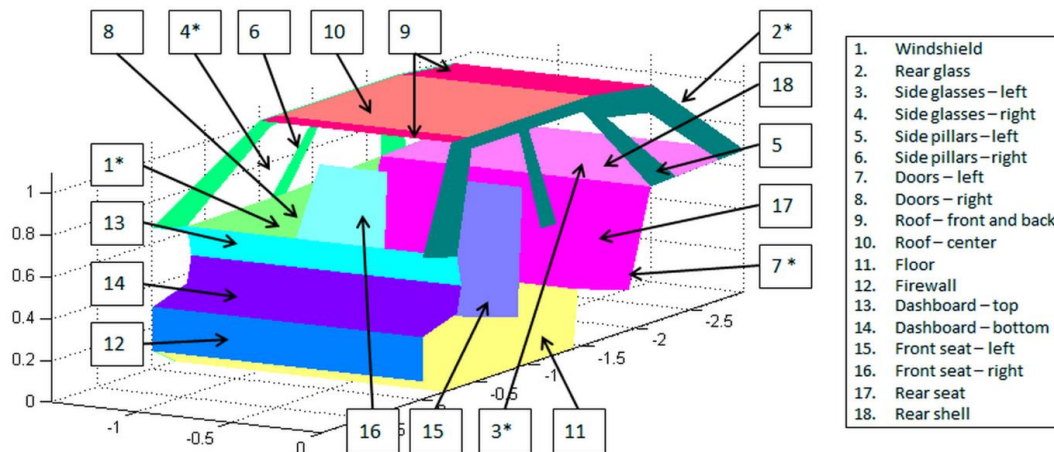
RTCS je real-time aplikace pro vyhodnocení ekvivalentní homogenní teploty (EHT) a komfortu pomocí tepelného manekýna Newton. Jedná se o samospustitelnou aplikaci vytvořenou v programu Matlab, která je kompatibilní s operačním systémem Windows po nainstalování MATLAB Compiler Runtime (MCR) verze 2012b, jež je zdarma ke stažení zde <https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>. Aplikace umožňuje objektivním způsobem vyhodnocení větrání, vytápění a klimatizování kabiny automobilu. Namísto sledování pouhé teploty vzduchu je vyhodnocována pocitová teplota, tj. EHT, která zohledňuje vliv konvekce, radiace a kontaktu na tepelný komfort. Tato aplikace je navržena tak, aby informovala o tepelném komfortu ve voze v reálném čase. Softwarovou část simulátoru kabiny (RTCS) tvoří kombinace modelů tepelného komfortu Thermal Comfort Analyzer (TCA) a Virtuálního zkušebního standu vozu (VTSCC). Model komfortu zohledňuje vliv oděvu na tepelnou ztrátu lidského těla, což je zásadní parametr pro nastavení „komfortní teploty“. Na základě rozdílu komfortní teploty a aktuální teploty uvnitř vozu je pak pomocí modelu kabiny dopočítáván potřebný výkon chlazení/vytápění pro dosažení komfortní teploty. Hardwarovou část pak tvoří tepelný manekýn a koncentrátor (hardware pro načítání dat z CAN sběrnice).



Obr. 1 Hardware nutný pro plné spuštění aplikace: tepelný manekýn Newton (vlevo) a koncentrátor k CAN sběrnici (vpravo).

Virtuální a zkušební stand kabiny vozidla

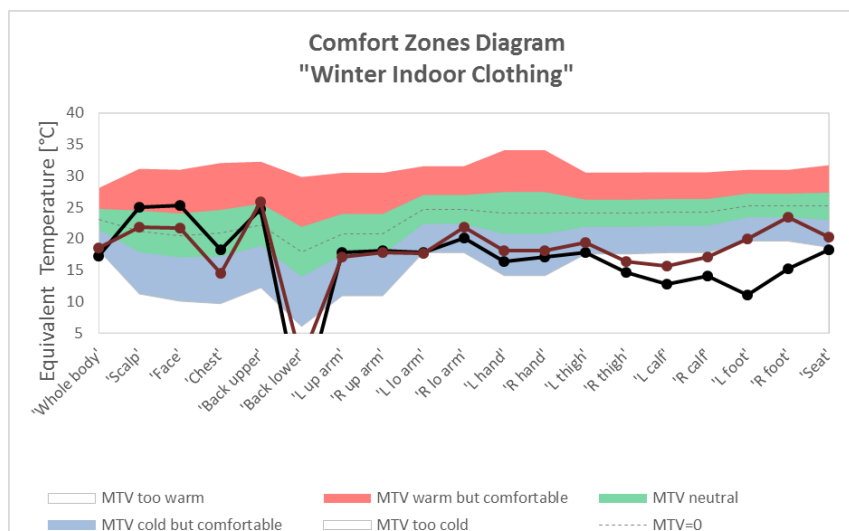
Jedná se o universální výpočetní nástroj pro dynamickou simulaci tepelného chování kabiny při různých zatíženích od okolního prostředí. Model je parametrizován jak z pohledu geometrie kabiny, tak z pohledu tepelně technických vlastností kabiny a zadávání vlivů okolního prostředí. Vzhledem k tomu, že model je řešen jako OD simulace, umožňuje časově efektivní simulace i velmi dlouhých scénářů (řádově hodiny simulačního času vypočte v průběhu několika minut). Umožňuje tak simulovat tepelné zatížení/ztráty kabin u nově vyvíjených automobilů a poskytuje tak podporu pro vývoj a virtuální testování vytápěcích a klimatizačních systémů vozidel.



Obr. 2 Model kabiny VTSCC pro výpočet povrchových teplot a teplot uvnitř vozu.

Model tepelného komfortu

Diagram komfortních zón je součástí normy ČSN ISO 14505-2 „Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelného prostředí ve vozidlech – Část 2: Stanovení ekvivalentní teploty“. Nad rámec normy bylo čerpáno ze zdrojů [1-4].



Obr. 3 Diagram komfortních zón – postprocessing v programu Excel.

Instalace programu

RTCS není potřeba nijak zvlášť instalovat. Stačí rozbalit atchiv RTCS.zip.

Technické a programové požadavky

Koncentrátor, tepelný manekýn Newton a PC s operačním systémem Windows s nainstalovanou MCR knihovnou verze 2012b. Pro správnou funkčnost importu/exportu dat je rovněž nutný Microsoft Excel,. Pro plnou funkčnost je vhodné mít k dispozici knihovnu Matlabu Instrument Control Toolbox a také com2tcp.exe, který zajišťuje komunikaci pomocí bluetooth převedením na COM port.

Popis algoritmu

Metoda komfortních zón je založena na principu Ekvivalentní homogenní teploty (EHT). EHT je definována jako „teplota uniformního prostředí, ve kterém všechny povrchové teploty jsou rovny teplotě vzduchu, není zde žádné proudění vzduchu, kromě přirozené konvekce generované vyhříváním tepelným manekýnem a odcházející tepelný tok z jeho povrchu odpovídá tepelnému toku měřenému ve skutečném (neuniformním) prostředí. EHT tvoří základ pro porovnání komplexního neuniformního prostředí, např. kabiny automobilů ” [4].

$$EHT = T_s - R_T \cdot q \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tímto způsobem je možné určit EHT pro jednotlivé vyhřívané segmenty tepelného manekýna, a to na teplotu odpovídající střední teplotě pokožky v neutrálním prostředí $T_s = 34 \text{ }^\circ\text{C}$, Kdy celkové tepelné ztráty ze segmentu $q \text{ (W/m}^2\text{)}$ a celkový tepelný odpor oděvu $R_T \text{ (m}^2\text{K/W)}$ jsou předem známy.

$$MTV = EHT - R_T \cdot (a + b * MTV_{zone})$$

Mean Thermal Vote (MTV): Hodnotu EHT je možné interpretovat v diagramu komfortních zón pomocí středního tepelného hodnocení (MTV). Tento diagram je specifický pro různé typy oděvů (letní, zimní apod.). Hodnoty součinitelů $a, b \text{ (W/m}^2\text{)}$ byly získány pomocí lineární regrese dat týkajících se subjektivního hodnocení dotazovaných osob. $MTV_{zone}=1$ reprezentuje šířku jedné zóny. V případě neutrální zóny to odpovídá maximálně 20 % nespokojených lidí.

Tab. 1 Stupnice tepelného komfortu a definice jednotlivých komfortních zón

MTV	Slovní hodnocení	Rozsah zón
+3	Much too hot	MTV>1.5
+2	Too hot	
+1	Hot but comfortable	MTV>0.5
0	Neutral	-0.5<MTV<0.5
-1	Cold but comfortable	MTV<-0.5
-2	Too cold	MTV<-1.5
-3	Much too cold	

Popis nastavení a použití programu

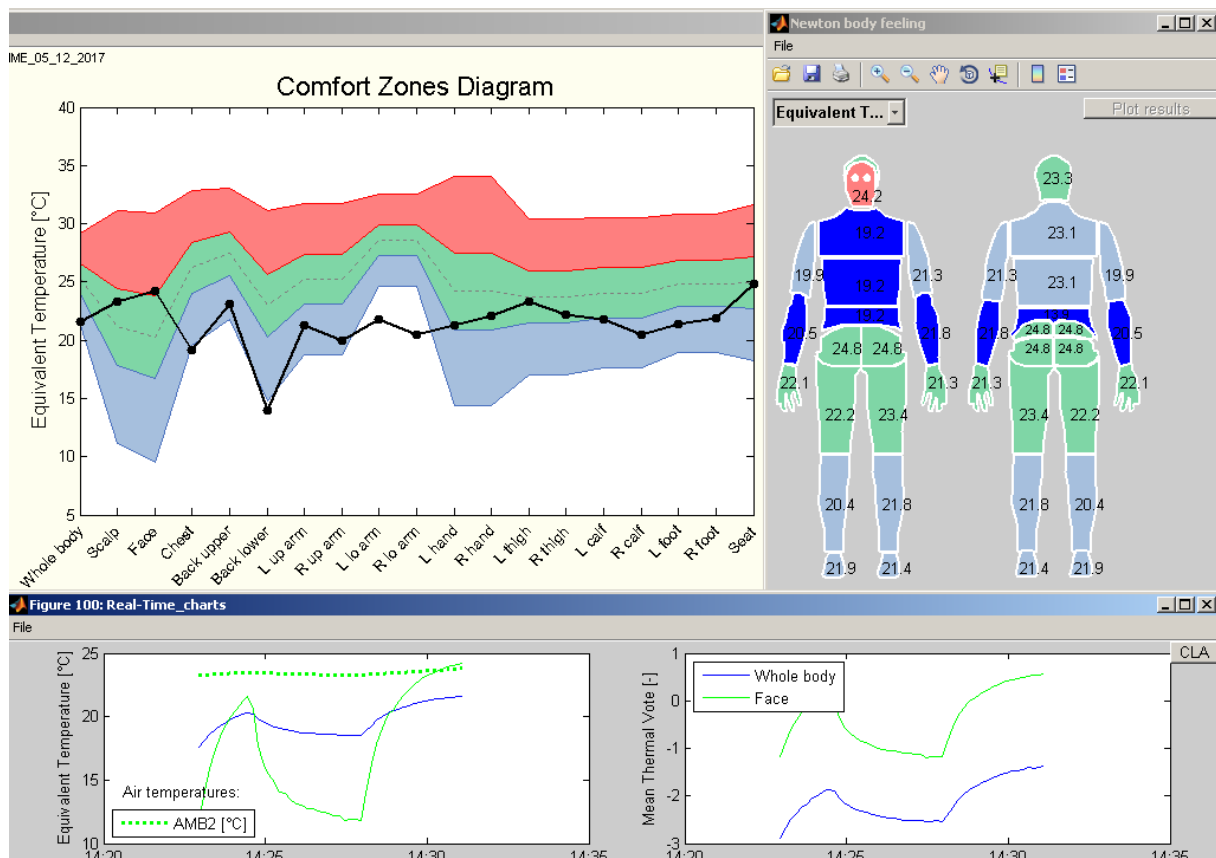
1. **TCA** – Diagram komfortních zón - vyhodnocení lokální tepelného pocitu/komfortu pomocí tepelného manekýna. Uživatel má možnost zvolit skladbu oděvu (musí odpovídat oděvu, který má manekýn na sobě a tento oděv musí být zkalibrován, tzn. musí být změřeny hodnoty RT) a možnost ovlivnit přednastavený oděv.
2. Koncentrátor ke CAN sběrnici - Logování dat z komfortní sběrnice CAN.
3. VTSCC - Simulace tepelné zátěže kabiny, musí být identifikovány geometrie, materiálové vlastnosti, jízdní data daného vozu. Na základě těchto parametrů je predikována teplota uvnitř vozu včetně povrchových teplot. Součástí výpočtu jsou rovněž tepelné toky vstupující/odcházející z kabiny (radiace, kondukce, konvekce, advekce).

Uživatelské rozhraní RTC.

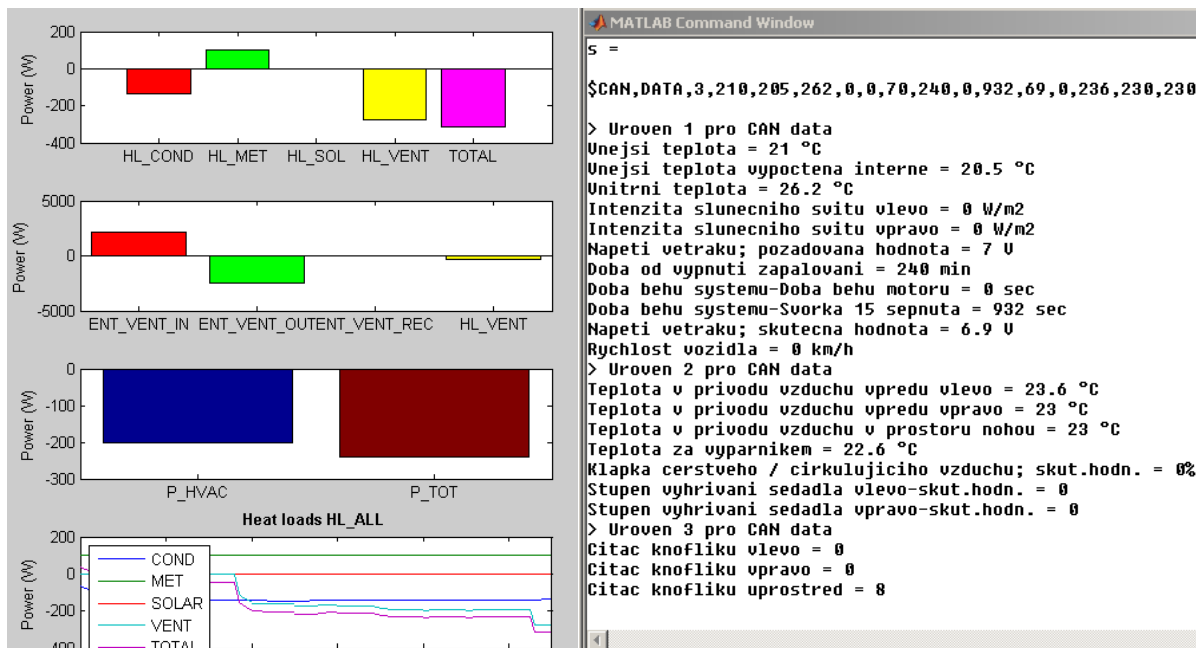
Obr. 4 – Vyhodnocení lokálního tepelného komfortu.

Obr. 5 – Vyhodnocení tepelné zátěže kabiny na základě parametrů získaných ze sběrnice CAN.

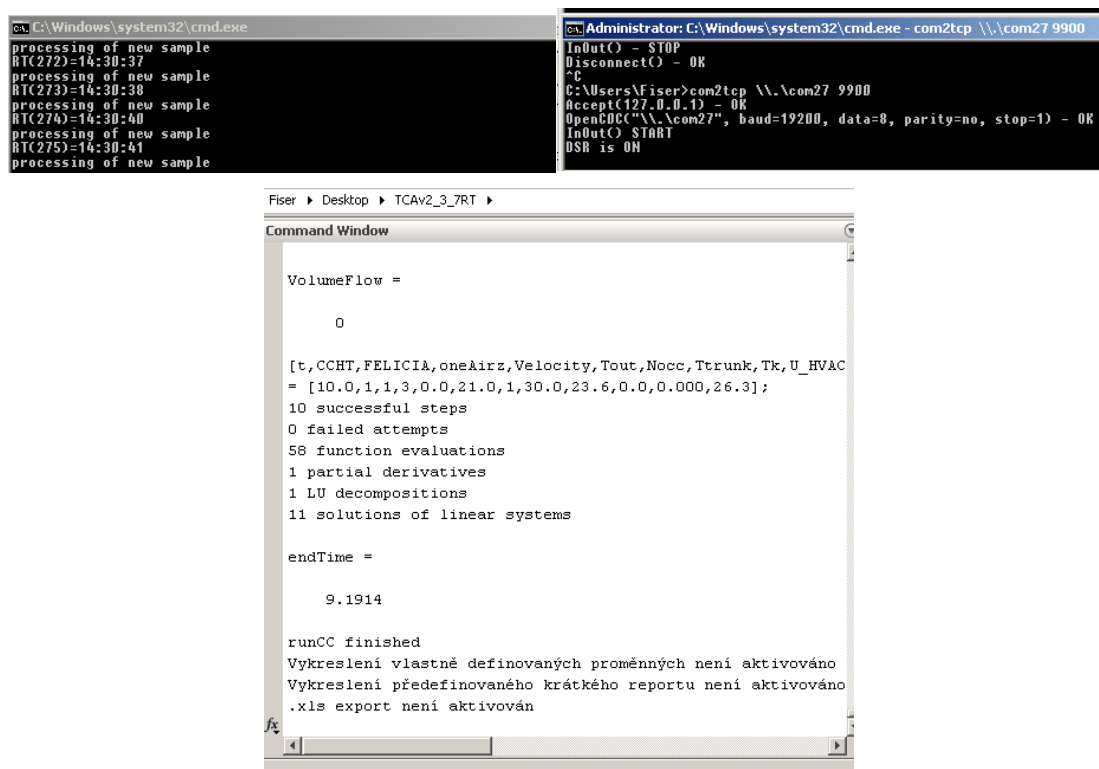
Obr. 6 – Logování během spuštění všech částí RTCS –log koncentrátoru, log modelu VTSCC a log k TCA.



Obr. 4 TCA – model komfortních zón. Diagram komfortních zón (vlevo nahoře). Vizualizace na figurině (vpravo nahoře). Záznam měření v čase (dole).



Obr. 5 VTSCC – Vypočet tepelných ztrát kabiny (vlevo) na základě dat z CAN sběrnice vozu (vpravo).



Obr. 6 Log běžícího TCA (vlevo nahoře), log připojení koncentrátoru přes bluetooth pomocí programu com2tcp (vpravo nahoře). Logování modelu kabiny VTSCC pro výpočet tepelné zátěže (dole).

Software umožňuje export naměřených dat do programu Excel. Pro snadné zpracování dat je součástí softwaru dokument *Comfort_Zones_Diagram.*, který také slouží k porovnání různých případů větrání, klimatizování a vytápění.

Více informací k simulátoru a vlastnímu modelu tepelné zátěže kabiny lze nalézt v [5] a [6].

Vazba na projekty

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka TAČR – TE01020020.

Licenční podmínky

Poskytovatel licence na výsledek nepožaduje licenční poplatek.

Kontaktní osoba

Ing. Jan Pokorný, Ph.D. +420 541 143 264, pokorny.j@fme.vutbr.cz

Stažení a používání programu

RTCS je možné stáhnout na stránkách:

<http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/vysledky-vyzkumu>

Literatura

- [1] NILSSON, H. O. (2004) *Comfort Climate Evaluation with Thermal Manikin Methods and Computer Simulation Models*. Ph.D. Thesis, University of Gävle.
- [2] NILSSON, H. O. (2007a) CFD modeling of thermal manikin heat loss in a comfort evaluation benchmark test. *Proceedings of Roomvent*, Helsinki 13-15 June 2007.
- [3] NILSSON, H. O. (2007b) Thermal comfort evaluation with virtual manikin methods. *Building and Environment* 42 4000–4005.
- [4] WYON, D., a kol. (1989) Standard Procedures for Assessing Vehicle Climate with a Thermal Manikin. *SAE Technical Paper* (89004).
- [5] POKORNÝ J., KOPEČKOVÁ B., FIŠER J., JÍCHA M. Simulator with integrated HW and SW for prediction of thermal comfort to provide feedback to the climate control system. *Experimental Fluid Mechanics* 2017, Mikulov.
- [6] POKORNÝ J., FIŠER J., JÍCHA M. Virtual Testing Stand for evaluation of car cabin indoor environment. *Advances In Engineering Software*. 2014 (76). p. 48 - 54.

Prohlašuji, že popsany výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2015 a že jsem si vědom důsledků plynoucích z porušení § 14 zákona č. 130/2002 Sb. (ve znění platném od 1. července 2009). Prohlašuji rovněž, že na požádání předložím technickou dokumentaci výsledku.

V Brně dne 12. prosince 2017.

Ing. Jan Pokorný, Ph.D.